

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 7 月 14 日 (14.07.2005)

PCT

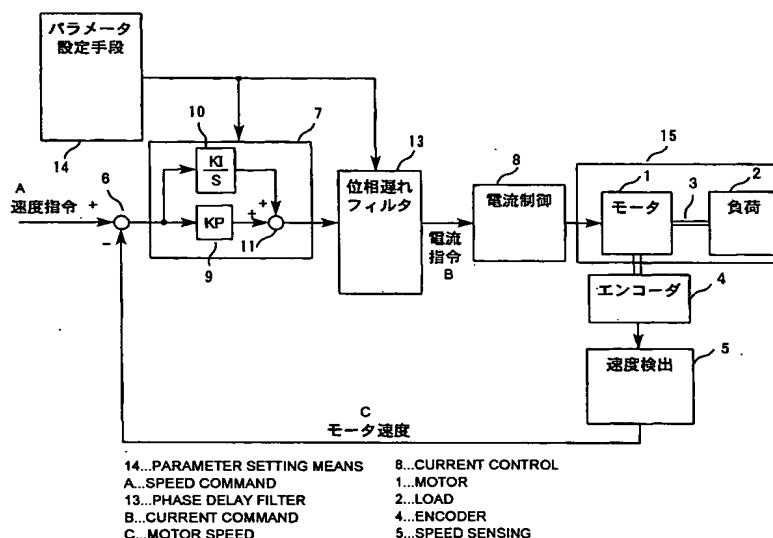
(10) 国際公開番号  
WO 2005/064781 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H02P 5/00 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016760 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 池田 英俊 (IKEDA, Hidetoshi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 宮崎 友宏 (MIYAZAKI, Tomohiro) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).  
(22) 国際出願日: 2003 年 12 月 25 日 (25.12.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).  
(74) 代理人: 宮田 金雄, 外 (MIYATA, Kaneo et al.); 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): CN, DE, JP, KR, US.  
添付公開書類:  
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: MOTOR CONTROLLER

(54) 発明の名称: モータの制御装置



(57) Abstract: A motor controller comprises speed control means (7) for outputting a drive command signal to a motor (1) so as to cause the rotational speed of the motor (1) to follow up a speed command signal according to a differential signal between the speed command signal measured rotational speed of the motor (1) and a filter (13) having a high-frequency region, a low-frequency region and an intermediate-frequency region between the high-frequency region and the low-frequency region. The gain KH in the high-frequency range is greater the gain KL in the low-frequency region. The filter (13) has a phase delay characteristic in the intermediate-frequency region. The speed control means (7) has a proportion control unit (9) for outputting the product of the input multiplied by the proportion gain KP. The filter (13) is so structured that the phase is delayed in a frequency region between the resonance frequency and the antiresonance frequency.

(57) 要約: 速度指令信号とモータ 1 の検出速度の差信号に基づいてモータ 1 の速度を速度指令信号に追従させるためのモータ 1 の駆動指令信号を出力する速度制御手段 7 と、速度制御ループに速度制御手段 7 と直列に挿入されると共に、高周波数領域と、低周波数領域と、高周波数領域と低周波数領域との間にある中間周波数領域とから成り、高周波数領域のゲイン KH よりも低

[続葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

周波数領域のゲインKLが大きいと共に、中間周波数領域の位相が遅れる位相遅れ特性を有するフィルタ13とを備え、速度制御手段7は、入力に比例ゲインKPを乗じて出力する比例制御部9を有しており、フィルタ13は、機械系の共振周波数と反共振周波数との間で、位相が遅れるように設定されたものである。

1.

## 明 細 書

## モータの制御装置

## 技術分野

- 5 図6は従来から一般に用いられているモータの速度制御装置の構成を概念的に示したものである。図中、1はモータ、2はモータによって駆動される負荷、3はモータ1と負荷2を接続する軸である。負荷2はモータ1で駆動される機械の可動部分をひとつの慣性負荷としてモデル化したものであり、軸3はモータ1が発生するトルクを機械に伝達する機構
- 10 をモデル化したものである。4はモータ1に取り付けられ、モータ1の位置を検出するエンコーダ、5はエンコーダ4で検出されたモータ位置を微分することでモータ速度を計算する速度検出手段である。6は比較器であり、図示しない上位コントローラから与えられる速度指令信号と速度検出手段5の出力であるモータ速度とを比較し、両者の差である速
- 15 度誤差を出力する。7は速度制御手段であり、比較器6の出力である速度誤差を入力してモータの駆動指令である電流指令を出力する。8は電流制御手段であり、速度制御手段7の出力である電流指令に基づいてモータ電流を制御することによりモータにトルクを発生させ、モータを回転させる。
- 20 速度制御手段7は比例制御器9、積分制御器10、および、加算器11から構成される。比例制御器9は入力した速度誤差に比例ゲイン $K_P$ を乗じて出力し、積分制御器10は速度誤差の積分値に積分ゲイン $K_I$ を乗じて出力する。加算器11は比例制御器9の出力と積分制御器10の出力を加算して、電流指令として出力する。また、15は機械系であ
- 25 り、モータ1と負荷2および軸3から構成される。

従来の速度制御系は上記のように構成され、速度指令信号とモータ速

度の差である速度誤差が小さくなるようにモータ 1 を加速あるいは減速するトルクを発生させ、これにより、モータ速度が上位コントローラから与えられる速度指令信号に追従するようにモータ 1 と負荷 2 が回転する。機械系に外乱トルクが作用した場合には、この外乱トルクによって

5 モータ速度が変動するが、この速度変動はエンコーダ 4 と速度検出手段 5 で検出され、速度制御手段 7 にフィードバックされて速度変動を修正するような電流指令が生成される。このように、外乱トルクが作用した場合でも速度制御ループによって速度変動が抑制され、速度指令信号に追従するようにモータが制御される。

- 10 図 7 は従来の速度制御装置を用いて速度制御系を構成した場合の速度開ループ周波数特性を示したものである。速度開ループ周波数特性とは、速度制御手段 7 の入力から速度検出手段 5 で検出されるモータ速度までの周波数特性であり、図 7 上図はゲイン特性、下図は位相特性を示す。図の破線はモータ 1 と負荷 2 を接続する軸 3 の剛性が高い場合、すなわち、機械剛性が高い場合の周波数特性を示す。また、実線は軸 3 の剛性が低いために機械剛性が低く、機械共振を持つ場合の周波数特性を示している。
- 15

- 機械剛性が高い（軸 3 の剛性が高い）場合のゲイン特性は図 7 上図に破線で示すように、全周波数にわたって右下がりとなる。位相特性は図 7 下図に破線で示すように、高周波数では電流制御手段 8 や制御装置のサンプル周期に起因する位相遅れのために位相遅れが大きくなり、低周波数でも速度制御手段 7 で積分制御器 10 を用いているために位相遅れが大きくなる。
- 20

- 一方、機械剛性が低い（軸 3 の剛性が低い）場合、機械系は機械共振を持つようになり、そのゲイン特性は図 7 上図に実線で示すように共振と呼ばれるピークと反共振と呼ばれる谷の部分を持つようになる。共振
- 25

と反共振の間でゲインが左下がりとなるため、低周波数でのゲインは軸  
3の剛性が高い場合（破線）に比べて小さくなる。モータ1の慣性モー  
メントと負荷2の慣性モーメントの和である機械系全体の慣性モーメン  
ト $J$ がモータの慣性モーメント $J_M$ に比べて大きくなるほど、共振と反  
5 共振の距離が離れ、反共振の周波数が低くなるため、低周波数のゲイン  
はより小さくなる。

高精度の速度制御を実現するには、速度誤差の要因のひとつである外  
乱トルクの影響を抑制して、外乱トルクが作用したときの速度変動を小  
さくしなければならない。一般に、外乱トルクは低周波数の信号成分を  
10 持つので、外乱トルクによる速度変動を小さくするには、低周波数での  
ゲインを大きくする必要がある。ところが、剛性が低い機械では上記の  
ように低周波数でのゲインが小さくなるため、外乱トルクによる速度変  
動が大きくなり、高精度の制御が困難であった。

図6に示した従来の速度制御装置で低周波数でのゲインを大きくする  
15 には、速度制御手段7の比例ゲイン $K_P$ や積分ゲイン $K_I$ を大きくする  
必要がある。しかし、これには限界があり、結果的に高精度の制御がで  
きなかった。その理由を以下に説明する。図7において、低剛性の場合  
のゲイン特性（実線）が反共振周波数より低い周波数でゲイン0dbの線  
と交差する周波数を第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ 、共振周波数より高い周波  
20 数でゲイン0dbの線と交差する周波数を第二の交差周波数 $\omega_{C2}$ とする。  
制御系が振動を起こしたり発振したりせずに安定に動作するには、第一  
の交差周波数 $\omega_{C1}$ や第二の交差周波数 $\omega_{C2}$ において速度開ループ周  
波数特性の位相遅れが小さいことが必要となる。ところが、比例ゲイン  
 $K_P$ を大きくすると、第二の交差周波数 $\omega_{C2}$ が高周波側に移動するた  
25 め、第二の交差周波数 $\omega_{C2}$ における位相遅れが大きくなり、制御系が  
振動的になったり、発振したりするようになってしまう。また、積分ゲ

インK I を大きくすると、積分制御器 10 による低周波数での位相遅れが大きくなるため、第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ での位相遅れが大きくなり、やはり制御系が振動的になったり、発振したりするようになってしまう。このように、従来の速度制御装置では、比例ゲインK P や積分ゲインK I をある程度以上には大きくすることができないため、低周波数のゲインを大きくすることが出来ず、結果として高精度の制御が困難となっていたのである。

機械共振を持つ機械系を対象としたサーボ制御技術が日本国特開 2000-322105 号公報に開示されている。この技術を用いた速度制御装置の構成を図 8 に示す。図 6 と同一部分には同一の符号を付してある。図 8 において、12 は速度制御ループに直列に挿入されたフィルタであり、機械系の反共振・共振特性の逆の特性あるいは近似する特性を持つ。このフィルタ 12 は式 (1) に示されるような特性を示すように調整される。

$$G(s) = \omega_1^2 (s + 2\zeta_2 \omega_2 s + \omega_2^2) / \{\omega_2^2 (s + 2\zeta_1 \omega_1 s + \omega_1^2)\} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\zeta_1$ 、 $\zeta_2$  は各々パラメータであり、 $\omega_1$  は反共振周波数に近い値とし、 $\omega_2$  は共振周波数に近い値とする。また、 $\zeta_1$ 、 $\zeta_2$  は反共振、共振のピークに応じて小さめに設定する。この技術によれば、機械系の共振ピークのゲインをフィルタ 12 によって抑えることができるので、従来よりもゲインを上げられるようになり、高精度の制御が実現できるというものである。

しかしながら、この技術が主に対象としているのは図 7 に示す共振ピークよりももっと高い周波数にある不安定な共振ピークを抑えることであり、図 7 のような安定な共振ピークに対してこの技術を適用すると不都合が生じる。以下、この不都合を説明する。

図 7 の実線に示す周波数特性を持つ機械系にこの技術を適用した場合のフィルタ 1 2 の周波数特性を図 9 に示す。フィルタ 1 2 は上記のように機械系の反共振・共振特性と逆の特性を持つように調整されるので、そのゲイン特性は機械系の反共振でピークを持ち、機械系の共振で谷を持つ特性となる。このようなフィルタを用いて制御されている機械系に外乱トルクが作用した場合を考える。共振周波数は機械系が振動しやすい周波数であり、外乱トルクが作用すると機械系が共振周波数で振動することがある。この振動は速度検出手段 5 で検出され、速度制御手段 7 にフィードバックされ、速度制御手段 7 はこの振動を止めるための電流指令を生成して出力する。この電流指令には当然ながら共振周波数の信号成分が含まれている。ところが、図 9 に示すようにフィルタ 1 2 のゲインは共振周波数で小さくなっているので、フィルタ 1 2 を通ることにより電流指令から共振周波数の信号成分が除去されてしまう。つまり、フィルタ 1 2 により、振動を止めるための信号成分が電流指令から除去されてしまうのである。このため、機械系が共振周波数で振動しても、速度制御系はこの振動を止めることができないという不都合が生じるのである。

上記のように、低剛性で、かつ、機械系の慣性モーメント  $J$  がモータの慣性モーメント  $J_M$  に比べて大きい機械系を制御する場合、従来一般に用いられていた速度制御装置では低周波数でのゲインを大きくすることが困難で、外乱トルクによる速度変動が大きくなるため高精度の制御が困難であるという問題があった。

また、特開 2000-322105 号公報に開示されている技術は、低周波数でのゲインを大きくすることは出来るが機械振動を止めることが出来なくなるため、低い周波数で機械共振を持つ機械系に適用できなかった。

## 発明の開示

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に結合されたモータを、安定かつ高精度に制御するモータの制御装置を提供することを目的とするものである。

第1の発明に係るモータの制御装置は、共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に結合されたモータを、速度指令信号に基いて駆動すると共に、前記モータの検出速度を速度制御ループに有するモータの制御装置において、前記速度指令信号と前記モータの検出速度の差信号に基いて前記モータの速度を前記速度指令信号に追従させるための前記モータの駆動指令信号を出力する速度制御手段と、前記速度制御ループに前記速度制御手段と直列に挿入されると共に、高周波数領域と、低周波数領域と、高周波数領域と低周波数領域との間にある中間周波数領域とから成り、前記高周波数領域のゲイン $K_H$ よりも低周波数領域のゲイン $K_L$ が大きいと共に、前記中間周波数領域の位相が遅れる位相遅れ特性を有するフィルタとを備え、前記速度制御手段は、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じて出力する比例制御部、または、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じた値と入力の積分値に積分ゲイン $K_I$ を乗じた値を加算して出力する積分制御部を有しており、前記フィルタは、前記共振周波数と前記反共振周波数との間で、位相が遅れるように設定されたことを特徴とするものである。

第2の発明に係るモータの制御装置は、共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に結合されたモータを、速度指令信号に基いて駆動すると共に、前記モータの検出速度を速度制御ループに有するモータの制御装置において、前記速度指令信号と前記モータの検出速度の差信号に基いて前記モータの速度を前記速度指令信号に追従させ



- るための前記モータの駆動指令信号を出力する速度制御手段と、前記速度制御ループに前記速度制御手段と直列に挿入されると共に、高周波数領域と、低周波数領域と、高周波数領域と低周波数領域との間にある中間周波数領域とから成り、前記高周波数領域のゲイン $K_H$ よりも低周波数領域のゲイン $K_L$ が大きいと共に、前記中間周波数領域の位相が遅れる位相遅れ特性を有するフィルタとを備え、前記速度制御手段は、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じて出力する比例制御部、または、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じた値と入力の積分値に積分ゲイン $K_I$ を乗じた値を加算して出力する積分制御部を有しており、前記フィルタは、前記比例ゲイン $K_P$ と前記ゲイン $K_L$ との積を前記機械系の慣性モーメント $J$ で除した値である第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ と前記比例ゲイン $K_P$ と前記ゲイン $K_H$ との積を前記モータの慣性モーメント $J_M$ で除した値である第二の交差周波数 $\omega_{C2}$ との間で、位相が遅れるように設定された、ことを特徴とするものである。
- 第3の発明に係るモータの制御装置は、共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に結合されたモータを速度指令信号に基いて駆動すると共に、前記モータの検出速度を速度制御ループに有するモータの制御装置において、前記速度指令信号と前記モータの検出速度の差信号に基いて前記モータの速度を前記速度指令信号に追従させるための前記モータの駆動指令信号を出力する速度制御手段と、前記速度制御ループに前記速度制御手段と直列に挿入すると共に、第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ より低い周波数領域でほぼ一定のゲイン $K_L$ となり、第二のフィルタ周波数 $\omega_{F2}$ より高い周波数領域で前記ゲイン $K_L$ よりも小さいほぼ一定のゲイン $K_H$ を有し、前記第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ と前記第二のフィルタ周波数 $\omega_{F2}$ との間で位相が遅れる位相遅れ特性を有するフィルタとを備え、前記速度制御手段は入力に比例ゲイン $K$

P を乗じて出力する比例制御演算、または、入力に比例ゲイン  $K_P$  を乗じた値と入力の積分値に積分ゲイン  $K_I$  を乗じた値を加算して出力する比例積分制御演算を有しており、前記フィルタは、前記比例ゲイン  $K_P$  と前記ゲイン  $K_L$  との積を前記機械系の慣性モーメント  $J$  で除した値である交差周波数  $\omega_{C1}$  と前記第一のフィルタ周波数  $\omega_{F1}$  との比が概ね一定となるように設定する、ことを特徴とするものである。

第4の発明に係るモータの制御装置は、モータに結合された機械負荷からなる共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を、速度指令信号に基づいて前記モータの検出速度を速度制御ループにより駆動制御するモータの制御装置において、前記速度制御ループに速度制御手段と直列に挿入するとともに、第一のフィルタ周波数  $\omega_{F1}$  より低い周波数領域ではほぼ一定のゲイン  $K_L$  となり、第二のフィルタ周波数  $\omega_{F2}$  より高い周波数領域では前記ゲイン  $K_L$  より小さいほぼ一定のゲイン  $K_H$  となり、前記低い周波数領域と前記高い周波数領域との間の中間周波数領域で、位相遅れ特性を有するフィルタと、前記フィルタの特性と前記速度制御手段のパラメータを設定するパラメータ設定手段とを備え、前記速度制御手段は、入力に比例ゲイン  $K_P$  を乗じた値と入力の積分値に積分ゲイン  $K_I$  を乗じた値を加算して出力する積分制御部を有しており、前記フィルタは、前記比例ゲイン  $K_P$  と前記ゲイン  $K_L$  との積を前記機械系の慣性モーメント  $J$  で除した値である交差周波数  $\omega_{C1}$  と前記第一のフィルタ周波数  $\omega_{F1}$  との比が概ね一定となるようにすると共に、前記積分ゲイン  $K_I$  を前記比例ゲイン  $K_P$  で除した値である零点周波数  $\omega_{PI}$  と前記交差周波数  $\omega_{C1}$  との比が概ね一定とする、ことを特徴とするものである。

第5の発明に係るモータの制御装置は、フィルタと速度制御手段のパラメータを設定するパラメータ設定手段を備えており、パラメータ設定

手段は、機械系の慣性モーメント  $J$  をモータの慣性モーメント  $J_M$  で除した値である慣性比が大きくなれば、第一のフィルタ周波数  $\omega_{F1}$  に対する第二のフィルタ周波数  $\omega_{F2}$  の比が大きくなるように設定する、ことを特徴とするものである。

- 5 第6の発明に係るモータの制御装置は、フィルタと速度制御手段のパラメータを設定するパラメータ設定手段を備えており、パラメータ設定手段はゲイン  $K_L$  とゲイン  $K_H$  の比であるゲイン比、または、第二のフィルタ周波数  $\omega_{F2}$  と第一のフィルタ周波数  $\omega_{F1}$  の比である周波数比を入力し、ゲイン比、または、周波数比に基づいてフィルタの特性を設定する、ことを特徴とするものである。

- 第7の発明に係るモータの制御装置は、共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に結合されたモータを、速度指令信号に基いて駆動すると共に、前記モータの検出速度を速度制御ループに有するモータの制御装置において、前記速度指令信号と前記モータの検出速度の差信号に基いて前記モータの速度を前記速度指令信号に追従させるための前記モータの駆動指令信号を出力する速度制御手段と、前記速度制御ループに前記速度制御手段と直列に挿入されると共に、高周波数領域と、低周波数領域と、高周波数領域と低周波数領域との間にある中間周波数領域とから成り、前記高周波数領域のゲイン  $K_H$  よりも低周波数領域のゲイン  $K_L$  が大きいと共に、前記中間周波数領域の位相が遅れる位相遅れ特性を有するフィルタと、前記機械系の周波数特性を取得する周波数特性取得手段と、前記フィルタの特性を設定するパラメータ設定手段とを備え、前記パラメータ設定手段は、前記周波数特性取得手段で取得した前記機械系の周波数特性に基づいて機械系の反共振周波数と共振周波数の間で前記フィルタの位相が遅れるように設定する、ことを特徴とするものである。

以上のように、第1の発明によれば、フィルタは、機械系の共振周波数と反共振周波数との間で、位相が遅れるように設定したので、制御系の安定性を保ちながら低周波数でのゲインを大きくすることができる。これによって外乱トルクによる速度変動が小さくなり、高精度の制御が  
5 実現できるという効果がある。

第2の発明によれば、比例ゲイン $K_P$ とゲイン $K_L$ との積を機械系の慣性モーメント $J$ で除した値である第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ と比例ゲイン $K_P$ と前記ゲイン $K_H$ との積を前記モータの慣性モーメント $J_M$ で除した値である第二の交差周波数 $\omega_{C2}$ との間で、位相が遅れるように設定した。これにより第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ 及び第二の交差周波数 $\omega_{C2}$ での位相遅れの増加分が小さくなるので、制御系の安定性を保ちながら低周波数でのゲインを大きくすることができる。これによって外乱トルクによる速度変動が小さくなり、高精度の制御が実現できるという効果がある。  
10

第3の発明によれば、フィルタは、比例ゲイン $K_P$ とゲイン $K_L$ との積を機械系の慣性モーメント $J$ で除した値である交差周波数 $\omega_{C1}$ と第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ との比が概ね一定となるように設定したので、第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ での位相遅れの増加分も小さくなり、安定性を損ねることがなくなり、制御系が振動的になったり、発振したりすることがないという効果がある。  
15 20

第4の発明によれば、フィルタは、比例ゲイン $K_P$ とゲイン $K_L$ との積を機械系の慣性モーメント $J$ で除した値である交差周波数 $\omega_{C1}$ と第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ との比が概ね一定となるようにすると共に、積分ゲイン $K_I$ を比例ゲイン $K_P$ で除した値である零点周波数 $\omega_{P1}$ と交差周波数 $\omega_{C1}$ との比を概ね一定としたので、第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ における位相遅れが大きくなり過ぎず、制御系の安定性を確保するこ  
25

とができるという効果がある。

第5の発明によれば、パラメータ設定手段は、機械系の慣性モーメント  $J$  をモータの慣性モーメント  $J_M$  で除した値である慣性比が大きくなれば、第一のフィルタ周波数  $\omega_F1$  に対する第二のフィルタ周波数  $\omega_F2$  の比が大きくなるように設定したので、第二の交差周波数  $\omega_C2$  での位相遅れの増加分も小さくなり、安定性を損ねることがなくなり、制御系が振動的になったり、発振したりすることがないという効果がある。

第6の発明によれば、パラメータ設定手段はゲイン  $K_L$  とゲイン  $K_H$  の比であるゲイン比、または、第二のフィルタ周波数  $\omega_F2$  と第一のフィルタ周波数  $\omega_F1$  の比である周波数比を入力し、ゲイン比、または、周波数比に基づいてフィルタの特性を設定したので、機械系が複数の機械共振を持つ場合でも、第一の交差周波数  $\omega_C1$  及び第二の交差周波数  $\omega_C2$  における位相遅れが大きくなり過ぎることはなく、安定性を保ちながら低周波数のゲインを増大させることができるという効果がある。

第7の発明によれば、パラメータ設定手段は、周波数特性取得手段で取得した機械系の周波数特性に基づいて機械系の反共振周波数と共振周波数の間でフィルタの位相が遅れるように設定したので、フィルタの位相遅れが機械系の位相進みによってキャンセルされる。このため、第一の交差周波数  $\omega_C1$ 、および、第二の交差周波数  $\omega_C2$  での位相遅れが大きくなることなく、フィルタを挿入しても安定性を損なうことがなくなるという効果がある。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の一実施例である制御装置の構成示すブロック図である。

図2は、本発明の一実施例である位相遅れフィルタの周波数特性を示す図である。

図3は、一実施例による速度開ループ周波数特性を示す図である。

図4は、本発明の他の実施例による制御装置の構成示すブロック図である。

図5は、本発明の他の実施例による制御装置の構成示すブロック図である。

図6は、従来の速度制御装置の構成を示すブロック図である。

図7は、従来の速度制御装置を適用した場合の速度開ループ周波数特性を示す図である。

図8は、機械共振を持つ機械系を対象とした従来の速度制御装置の構成を示すブロック図である。

図9は、従来技術で用いられるフィルタの周波数特性を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

##### 実施例1.

本発明の一実施例を図1に示す制御装置の構成ブロック図によって説明する。図1中、図6と同一又は相当部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。図1において、1はモータ、2はモータによって駆動される負荷、3はモータ1と負荷2を接続する軸である。負荷2はモータ1で駆動される機械の可動部分をひとつの慣性負荷としてモデル化したものであり、軸3はモータ1が発生するトルクを機械に伝達する機構をモデル化したものである。4はモータ1に取り付けられ、モータ1の位置を検出する位置検出手段としてのエンコーダ、5はエンコーダ4で検出されたモータ位置を微分することでモータ1の速度を計算する速度検出手段である。6は比較器であり、図示しない上位コントローラから与えられる速度指令信号と速度検出手段5の出力であるモータ1の検出速度(検出速度信号)とを比較し、両者の差である速度誤差(速度偏差信号)を出力する。7は速度制御手段であり、比較器6の出力である速度誤差

を入力してモータ 1 の駆動指令信号である電流指令を出力する。8 は電流制御手段であり、速度制御手段 7 の出力である電流指令に基づいてモータ電流を制御することによりモータ 1 にトルクを発生させ、モータを回転させる。

- 5      速度制御手段 7 は比例制御器 9、積分制御器 10、および、加算器 11 から構成される。比例制御器 9 は入力した速度誤差に比例ゲイン  $K_P$  を乗じて出力し、積分制御器 10 は速度誤差の積分値に積分ゲイン  $K_I$  を乗じて出力する。加算器 11 は比例制御器 9 の出力と積分制御器 10 の出力を加算して、電流指令として出力する。また、15 は共振周波数と反共振周波数とを有する機械系で、モータ 1 と負荷 2 および軸 3 から構成される。13 は、速度ループに速度制御手段 7 と直列に挿入されると共に、速度制御手段 7 の出力を入力とし、フィルタ演算を行って電流指令を出力する位相遅れフィルタ、14 は位相遅れフィルタの特性と速度制御手段のパラメータである積分ゲイン  $K_I$  を設定するパラメータ設定手段である。

ここで、速度ループとは、速度制御手段 7、位相遅れフィルタ 13、電流制御手段 8、モータ 1、エンコーダ 4、速度検出 5 にて形成されるループをいう。

- 20      位相遅れフィルタ 13 は図 2 に示すような位相遅れ特性を持つフィルタである。すなわち、第一のフィルタ周波数  $\omega F_1$  以下(低周波領域)、の周波数ではほぼ一定のゲイン  $K_L$  を持ち、第二のフィルタ周波数  $\omega F_2$  以上(高周波領域)ではゲイン  $K_L$  より小さいほぼ一定のゲイン  $K_H$  をもち、第一のフィルタ周波数  $\omega F_1$  と第二のフィルタ周波数  $\omega F_2$  の間でゲインが連続的に変化する。図 2 では、 $K_H = 1 = 0 \text{ dB}$  としている。
- 25      また、位相特性は、第一のフィルタ周波数  $\omega F_1$  と第二のフィルタ周波数  $\omega F_2$  の間で位相が遅れ、第一のフィルタ周波数  $\omega F_1$  以下の周波数

と第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ 以上の周波数では位相遅れがほぼ零もしくは小さい値となる。このような周波数特性を持つフィルタは、たとえば、式(2)のような伝達関数 $G f(s)$ を持つフィルタで実現できる。

$$G f(s) = (s + \omega_2) / (s + \omega_1) \quad \dots \quad (2)$$

5      ここに、 $\omega_1 = \omega F 1$ 、 $\omega_2 = \omega F 2$

ただし、 $\omega_1 < \omega_2$ である。

位相遅れフィルタ13の特性を決める第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ と第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ はパラメータ設定手段14で以下のように設定される。まず、第一の交差周波数 $\omega C 1$ と第二の交差周波数 $\omega C 2$

10      を以下の式で計算できる。

$$\omega c1 = K p \cdot K L / J \quad \dots \quad (3)$$

$$\omega c2 = K p \cdot K H / J M \quad \dots \quad (4)$$

ここに、 $K P$ ：速度制御手段7の比例ゲイン

$K L$ ：位相遅れフィルタ13の低周波数でのゲイン

15       $K H$ ：位相遅れフィルタ13の高周波数でのゲイン

$J$ ：機械系15の慣性モーメント

$J M$ ：モータ1の慣性モーメント

式(3)と式(4)は次のようにして導出できる。反共振周波数以下の低周波数では、機械系15の伝達関数を $1 / J s$ で近似することができる。また、低周波数での位相遅れフィルタ13のゲインは $K L$ となるので、速度制御手段7の比例ゲインが $K P$ であることを考慮すると、低周波数での速度開ループ伝達関数は近似的に $K P \cdot K L / J s$ となる。ただし、速度制御手段7の積分ゲイン $K I$ は小さいとしての影響を無視している。この伝達関数のゲインが0dbとなる周波数は $K P \cdot K L / J$ であり、これが第一の交差周波数 $\omega C 1$ となるから式(3)が得られる。

20      同様に、共振周波数以上の高周波数では機械系15の伝達関数を $1 /$



J M s で近似することができ、高周波数での位相遅れフィルタ 1 3 のゲインは K H となるので、高周波数での速度開ループ伝達関数は近似的に  $K P \cdot K H / J M s$  となる。

この伝達関数のゲインが 0db となる周波数は  $K P \cdot K H / J M$  となり、  
5   これが第二の交差周波数  $\omega C 2$  となるから式(4)が得られる。パラメータ設定手段 1 4 では、式(3)および式(4)で与えられる第一の交差周波数  $\omega C 1$  と第二の交差周波数  $\omega C 2$  との間で位相遅れフィルタ 1 3 の位相が遅れるように第一のフィルタ周波数  $\omega F 1$  と第二のフィルタ周波数  $\omega F 2$  とを設定する。

10   図 3 はこのような位相遅れフィルタ 1 3 を速度ループに挿入した場合としない場合の速度開ループ周波数特性を比較したものである。図 3 において、実線は位相遅れフィルタ 1 3 を速度ループに挿入した場合、破線は挿入しない場合の周波数特性である。位相遅れフィルタ 1 3 は低周波数でゲインを大きくする特性を持っているので、位相遅れフィルタ 1  
15   3 を速度ループに挿入することにより、低周波数でのゲインが大きくなっていることがわかる。上記のように、低周波数でのゲインを大きくすると外乱トルクによる速度変動が小さくなるので、位相遅れフィルタ 1 3 を挿入することで精度のよい制御が実現できることになる。

また、制御系が安定に動作するには、上記のように第一の交差周波数  
20    $\omega C 1$  と第二の交差周波数  $\omega C 2$  での位相遅れが小さいことが必要である。位相遅れフィルタ 1 3 は上記のように、第一の交差周波数  $\omega C 1$  と第二の交差周波数  $\omega C 2$  で位相遅れが小さくなるように第一のフィルタ周波数  $\omega F 1$  と第二のフィルタ周波数  $\omega F 2$  を設定しているので、第一の交差周波数  $\omega C 1$  と第二の交差周波数  $\omega C 2$  での位相遅れの増加分が  
25   小さく、制御系の安定性を損なうことがない。すなわち、パラメータ設定手段 1 4 で位相遅れフィルタ 1 3 の第一のフィルタ周波数  $\omega F 1$  と第

二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ を上記のように設定すれば、制御系の安定性を損なうことなく、低周波数でのゲインを大きくすることができ、高精度の制御を実現することが可能となる。

5      なお、図3の第一の交差周波数 $\omega C 1$ と第二の交差周波数 $\omega C 2$ の正確な値は速度開ループ周波数特性を実際に計測しないと決められないが、近似的には上記式(3)および式(4)で計算することができる。

次にパラメータ設定手段14の具体的な処理内容について説明する。  
まず、第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ と第一の交差周波数 $\omega C 1$ の比が概ね一定となるように、第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ を設定する。たとえば、  
10      第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ は第一の交差周波数 $\omega C 1$ の1～2倍程度に設定する。図2に示したように、第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ 以下の周波数では位相遅れフィルタ13の位相遅れが小さくなっているので、このように設定すれば第一の交差周波数 $\omega C 1$ での位相遅れの増加分も小さくなり、安定性を損ねることがなくなり、制御系が振動的にな  
15      ったり、発振したりすることがない。

次に、機械系15の慣性モーメント $J$ をモータ1の慣性モーメント $J_M$ で除した値である慣性比が大きくなれば、第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ に対する第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ の比が大きくなるように第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ を設定する。たとえば、第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ を慣性比の平方根と第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ の積に設定する。  
20      または、第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ を第二の交差周波数 $\omega C 2$ の1/2～1倍程度に設定してもよい。このように設定すれば、第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ は第二の交差周波数 $\omega C 2$ と同程度かそれよりも小さい値となる。図2に示したように、第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ 以上の周  
25      波数では位相遅れフィルタ13の位相遅れが小さくなっているので、このように設定すれば第二の交差周波数 $\omega C 2$ での位相遅れの増加分も小

さくなり、安定性を損ねることがなくなり、制御系が振動的になったり、発振したりすることがない。

さらに、パラメータ設定手段14は、速度制御手段7における積分ゲイン $K_I$ を比例ゲイン $K_P$ で除した値である零点周波数 $\omega_{PI}$ と第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ との比が概ね一定となるように積分ゲイン $K_I$ を設定する。たとえば、零点周波数 $\omega_{PI}$ が第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ の $1/2$ になるようにするには、 $K_I = K_P \cdot \omega_{C1} / 2$ とすればよい。積分制御器10に起因する第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ における位相遅れの大きさは概ね零点周波数 $\omega_{PI}$ と第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ の比で決まるので、

10 零点周波数 $\omega_{PI}$ と第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ の比を適切に設定しておけば第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ における位相遅れが大きくなり過ぎず、制御系の安定性を確保することができる。つまり、零点周波数 $\omega_{PI}$ と第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ の比が適切な値になるように積分ゲイン $K_I$ を設定すれば、制御系の安定性が確保された範囲内で積分ゲイン $K_I$ を大きく

15 でき、低周波数の外乱に対する抑制効果を増大できる。

## 実施例2.

図4は本発明の他の実施例である制御装置の構成をブロック図で示したものである。図1と同一部分には同一の符号を付して適宜説明を省略する。図4において、16は位相遅れフィルタの特性と速度制御手段のパラメータである積分ゲイン $K_I$ を設定するパラメータ設定手段であり、

20 図1のパラメータ設定手段とほぼ同様の作用をするが、外部からひとつの調整パラメータ $\alpha$ を入力するようになっている。

この調整パラメータ $\alpha$ は、位相遅れフィルタ13の高周波数でのゲイン $K_H$ に対する低周波数でのゲイン $K_L$ の比を指定する。パラメータ設定手段16では、調整パラメータ $\alpha$ を用いて $K_L = \alpha \cdot K_H$ とし、上式

25 (3)によって第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ を計算する。さらに、上記のように、

第一の交差周波数 $\omega C1$ と第一のフィルタ周波数 $\omega F1$ の比が概ね一定になるように第一のフィルタ周波数 $\omega F1$ を決める。第二のフィルタ周波数 $\omega F2$ は $KL = \alpha \cdot KH$ となるように設定される。

調整パラメータ $\alpha$ の与え方は、まず、 $\alpha = 1$ とする。そして、機械系  
5 を作動させてその応答特性を見ながら $\alpha$ を徐々に大きくして行く。望ましい応答が得られるか、または、機械振動が出始めたなら調整パラメータ $\alpha$ を大きくするのをやめ、望ましい応答が得られた場合は $\alpha$ をその値で固定し、振動が出はじめた場合は $\alpha$ を少し小さくして固定する。このような手順で調整パラメータ $\alpha$ を与えることにより、制御系の安定性を保  
10 ちながら低周波数でのゲインを大きくすることができ、外乱に対する抑制効果を増大させることができる。その理由を以下に説明する。

まず、調整パラメータ $\alpha$ を大きくすると、 $KL = \alpha \cdot KH$ によって位相遅れフィルタの低周波数でのゲイン $KL$ が大きくなるので、低周波数の外乱に対する抑制効果を増大できる。また、このとき、第一の交差周  
15 波数 $\omega C1$ と第一のフィルタ周波数 $\omega F1$ の比が概ね一定になるようにしているので、上記のように第一の交差周波数 $\omega C1$ における位相遅れが大きくなり過ぎることはなく、安定性を保ちながら低周波数のゲインを増大させることができる。

また、第二のフィルタ周波数 $\omega F2$ は位相遅れフィルタ13の低周波  
20 数でのゲイン $KL$ と高周波数でのゲイン $KH$ の関係が $KL = \alpha \cdot KH$ となるように設定される。図2のフィルタ特性を見るとわかるが、高周波数でのゲイン $KH$ に対する低周波数でのゲイン $KL$ の比である $\alpha$ を大きくするには、第一のフィルタ周波数 $\omega F1$ に対する第二のフィルタ周波数 $\omega F2$ の比も大きくする必要がある。 $\alpha$ を大きくすると、 $KL = \alpha \cdot$   
25  $KH$ により $KL$ が大きくなり、これに伴って式(3)により第一の交差周波数 $\omega C1$ が大きくなり、さらに第一の交差周波数 $\omega C1$ と第一のフィル

タ周波数 $\omega F1$ の比が概ね一定になるようにしているから第一のフィルタ周波数 $\omega F1$ も大きくなり、したがって、第二のフィルタ周波数 $\omega F2$ も大きくなる。第一のフィルタ周波数 $\omega F1$ と第二のフィルタ周波数 $\omega F2$ が大きくなると、位相遅れフィルタ13の位相が遅れる周波数範囲が高周波側に移動するため、第二の交差周波数 $\omega C2$ における位相遅れが大きくなる。

このように、調整パラメータ $\alpha$ を1から徐々に大きくしていくと、それに応じて第二の交差周波数 $\omega C2$ における位相遅れが少しずつ大きくなって行くことになる。しかし、第二の交差周波数 $\omega C2$ における位相遅れが大きくなり過ぎると機械系に振動が出始めるので、機械系の応答を見ているとそれを知ることができる。

したがって、機械系の振動が出始めるよりも少し小さい値に $\alpha$ を設定すると、第二の交差周波数 $\omega C2$ においても位相遅れが大きくなり過ぎることがなくなる。このようにして、第一の交差周波数 $\omega C1$ と第二の交差周波数 $\omega C2$ の両方における位相遅れが大きくなりすぎないように位相遅れフィルタ13の特性を設定することができ、制御系の安定性を保つことができる。

図1に示した実施の形態1の速度制御装置におけるパラメータ設定手段14は、機械系が一組の共振・反共振を持つ場合には有効に作用する。しかし、機械によってはより高い周波数にも別の共振・反共振特性を持つ場合があり、このような機械では第二の交差周波数 $\omega C2$ を計算で正確に求めることが困難となる。このような場合は、第二のフィルタ周波数 $\omega F2$ を計算で自動的に設定するよりは、調整パラメータ $\alpha$ を用いて機械の応答をみながら設定した方が結果的に良好な特性が得られる。

なお、上記では、調整パラメータ $\alpha$ は、位相遅れフィルタ13の低周波でのゲイン $K_L$ と高周波でのゲイン $K_H$ の比であるゲイン比を指定す

るようにしたが、第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ と第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ の比である周波数比を指定するようにしてもよい。ゲイン比と周波数比の関係は位相遅れフィルタ13の伝達関数により決まっているから、ゲイン比を指定しても周波数比を指定しても同じ効果が得られる。

### 5 実施例3.

図5は本発明の他の実施例である制御装置の構成をブロック図で示したものである。図1と同一部分には同一の符号を付してある。図5において、17は機械系の周波数特性を取得する周波数特性取得手段、18は位相遅れフィルタの特性を設定するパラメータ設定手段であり、周波数特性取得手段17で取得した機械系の周波数特性に基づいて位相遅れフィルタの特性を設定する。

周波数特性取得手段17では機械系の周波数特性を取得するが、その方法はいくつか知られている。専用の計測器を用いて計測することも出来るし、モータをランダムなトルクで駆動して、そのときの速度応答を周波数解析して求めることもできる。また、機械の剛性や質量、慣性モーメントなどがわかっている場合はこれらを用いて数式モデルを作り、計算で求めることもできる。その結果、たとえば、図7に実線で示したような周波数特性が得られる。パラメータ設定手段18では、このようにして取得した機械系の周波数特性に基づいて、機械系の反共振周波数と共振周波数の間で位相遅れフィルタ13の位相が遅れるように位相遅れフィルタ13の特性を設定する。このためには、位相遅れフィルタの第一のフィルタ周波数 $\omega F 1$ を反共振周波数の付近に設定し、第二のフィルタ周波数 $\omega F 2$ を共振周波数付近に設定する。

機械共振を持つ機械系の周波数特性は、図7の実線に示したように、反共振周波数と共振周波数の間で位相が進む特性を持っている。したがって、上記のように反共振周波数と共振周波数の間で位相遅れフィルタ

1 3 の位相が遅れるように設定すれば、位相遅れフィルタの位相遅れが機械系の位相進みによってキャンセルされる。このため、第一の交差周波数 $\omega C 1$ 、および、第二の交差周波数 $\omega C 2$ での位相遅れが大きくなることがなく、位相遅れフィルタ 1 3 を挿入しても安定性を損なうことがなくなる。

#### 産業上の利用可能性

上記のようにモータで駆動する機械系の慣性モーメントがモータ自身の慣性モーメントに比して大きい制御システムに適する。

10

15

20

25

## 請 求 の 範 囲

1. 共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に結合されたモータを、速度指令信号に基いて駆動すると共に、前記モータ  
5 の検出速度を速度制御ループに有するモータの制御装置において、

前記速度指令信号と前記モータの検出速度の差信号に基いて前記モータの速度を前記速度指令信号に追従させるための前記モータの駆動指令信号を出力する速度制御手段と、

- 前記速度制御ループに前記速度制御手段と直列に挿入されると共に、  
10 高周波数領域と、低周波数領域と、高周波数領域と低周波数領域との間にある中間周波数領域とから成り、前記高周波数領域のゲイン $K_H$ よりも低周波数領域のゲイン $K_L$ が大きいと共に、前記中間周波数領域の位相が遅れる位相遅れ特性を有するフィルタとを備え、

- 前記速度制御手段は、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じて出力する比例制  
15 御部、または、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じた値と入力の積分値に積分ゲイン $K_I$ を乗じた値を加算して出力する積分制御部を有しており、

前記フィルタは、前記共振周波数と前記反共振周波数との間で、位相が遅れるように設定された、

ことを特徴とするモータの制御装置。

- 20 2. 共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に結合されたモータを、速度指令信号に基いて駆動すると共に、前記モータの検出速度を速度制御ループに有するモータの制御装置において、

- 前記速度指令信号と前記モータの検出速度の差信号に基いて前記モータの速度を前記速度指令信号に追従させるための前記モータの駆動指令  
25 信号を出力する速度制御手段と、

前記速度制御ループに前記速度制御手段と直列に挿入されると共に、



高周波数領域と、低周波数領域と、高周波数領域と低周波数領域との間にある中間周波数領域とから成り、前記高周波数領域のゲイン $K_H$ よりも低周波数領域のゲイン $K_L$ が大きいと共に、前記中間周波数領域の位相が遅れる位相遅れ特性を有するフィルタとを備え、

- 5 前記速度制御手段は、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じて出力する比例制御部、または、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じた値と入力の積分値に積分ゲイン $K_I$ を乗じた値を加算して出力する積分制御部を有しており、

- 前記フィルタは、前記比例ゲイン $K_P$ と前記ゲイン $K_L$ との積を前記機械系の慣性モーメント $J$ で除した値である第一の交差周波数 $\omega_{C1}$ と  
10 前記比例ゲイン $K_P$ と前記ゲイン $K_H$ との積を前記モータの慣性モーメント $J_M$ で除した値である第二の交差周波数 $\omega_{C2}$ との間で、位相が遅れるように設定された、

ことを特徴とするモータの制御装置。

3. 共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に  
15 結合されたモータを速度指令信号に基いて駆動すると共に、前記モータの検出速度を速度制御ループに有するモータの制御装置において、

前記速度指令信号と前記モータの検出速度の差信号に基いて前記モータの速度を前記速度指令信号に追従させるための前記モータの駆動指令信号を出力する速度制御手段と、

- 20 前記速度制御ループに前記速度制御手段と直列に挿入すると共に、第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ より低い周波数領域でほぼ一定のゲイン $K_L$ となり、第二のフィルタ周波数 $\omega_{F2}$ より高い周波数領域で前記ゲイン $K_L$ よりも小さいほぼ一定のゲイン $K_H$ を有し、前記第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ と前記第二のフィルタ周波数 $\omega_{F2}$ との間で位相が遅れる位  
25 相遅れ特性を有するフィルタとを備え、

前記速度制御手段は入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じて出力する比例制御

演算、または、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じた値と入力の積分値に積分ゲイン $K_I$ を乗じた値を加算して出力する比例積分制御演算を有しており、

前記フィルタは、前記比例ゲイン $K_P$ と前記ゲイン $K_L$ との積を前記  
5 機械系の慣性モーメント $J$ で除した値である交差周波数 $\omega_{C1}$ と前記第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ との比が概ね一定となるように設定する、  
ことを特徴とするモータの制御装置。

4. モータに結合された機械負荷からなる共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を、速度指令信号に基づいて前記モータの検出速度を速度  
10 制御ループにより駆動制御するモータの制御装置において、

前記速度制御ループに速度制御手段と直列に挿入するとともに、第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ より低い周波数領域ではほぼ一定のゲイン $K_L$ となり、第二のフィルタ周波数 $\omega_{F2}$ より高い周波数領域では前記ゲイン $K_L$ より小さいほぼ一定のゲイン $K_H$ となり、前記低い周波数領域と  
15 前記高い周波数領域との間の中間周波数領域で、位相遅れ特性を有するフィルタと、

前記フィルタの特性と前記速度制御手段のパラメータを設定するパラメータ設定手段とを備え、

前記速度制御手段は、入力に比例ゲイン $K_P$ を乗じた値と入力の積分  
20 値に積分ゲイン $K_I$ を乗じた値を加算して出力する積分制御部を有しており、

前記フィルタは、前記比例ゲイン $K_P$ と前記ゲイン $K_L$ との積を前記機械系の慣性モーメント $J$ で除した値である交差周波数 $\omega_{C1}$ と前記第一のフィルタ周波数 $\omega_{F1}$ との比が概ね一定となるようにすると共に、  
25 前記積分ゲイン $K_I$ を前記比例ゲイン $K_P$ で除した値である零点周波数 $\omega_{P1}$ と前記交差周波数 $\omega_{C1}$ との比が概ね一定とする、

することを特徴とするモータの制御装置。

5. 前記フィルタと前記速度制御手段のパラメータを設定するパラメータ設定手段を備え、

前記パラメータ設定手段は、前記機械系の慣性モーメント  $J$  を前記モータの慣性モーメント  $J_M$  で除した値である慣性比が大きくなれば、前記第一のフィルタ周波数  $\omega_F1$  に対する前記第二のフィルタ周波数  $\omega_F2$  の比が大きくなるように設定する、

ことを特徴とする請求の範囲3または4に記載のモータの制御装置。

6. 前記フィルタと前記速度制御手段のパラメータを設定するパラメータ設定手段を備え、

前記パラメータ設定手段は前記ゲイン  $K_L$  と前記ゲイン  $K_H$  の比であるゲイン比、または、前記第二のフィルタ周波数  $\omega_F2$  と前記第一のフィルタ周波数  $\omega_F1$  の比である周波数比を入力し、前記ゲイン比、または、前記周波数比に基づいて前記フィルタの特性を設定する、

15 ことを特徴とする請求の範囲3または4に記載のモータの制御装置。

7. 共振周波数と反共振周波数とを有する機械系を有する機械負荷に結合されたモータを、速度指令信号に基いて駆動すると共に、前記モータの検出速度を速度制御ループに有するモータの制御装置において、

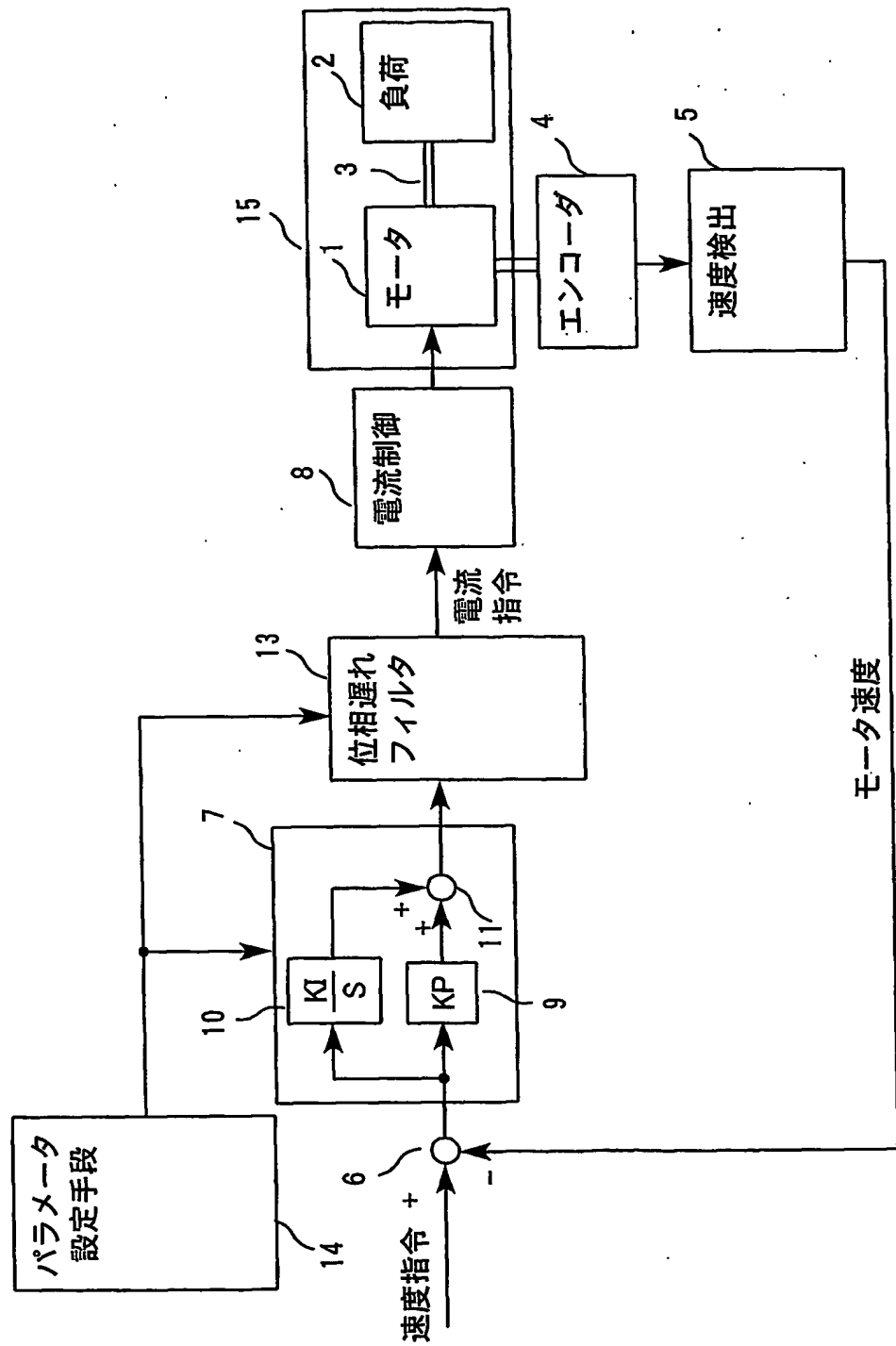
前記速度指令信号と前記モータの検出速度の差信号に基いて前記モータの速度を前記速度指令信号に追従させるための前記モータの駆動指令信号を出力する速度制御手段と、

前記速度制御ループに前記速度制御手段と直列に挿入されると共に、高周波数領域と、低周波数領域と、高周波数領域と低周波数領域との間にある中間周波数領域とから成り、前記高周波数領域のゲイン  $K_H$  よりも低周波数領域のゲイン  $K_L$  が大きいと共に、前記中間周波数領域の位相が遅れる位相遅れ特性を有するフィルタと、

前記機械系の周波数特性を取得する周波数特性取得手段と、  
前記フィルタの特性を設定するパラメータ設定手段とを備え、  
前記パラメータ設定手段は、前記周波数特性取得手段で取得した前記  
機械系の周波数特性に基づいて機械系の反共振周波数と共振周波数の間  
5 で前記フィルタの位相が遅れるように設定する、  
ことを特徴とするモータの制御装置。

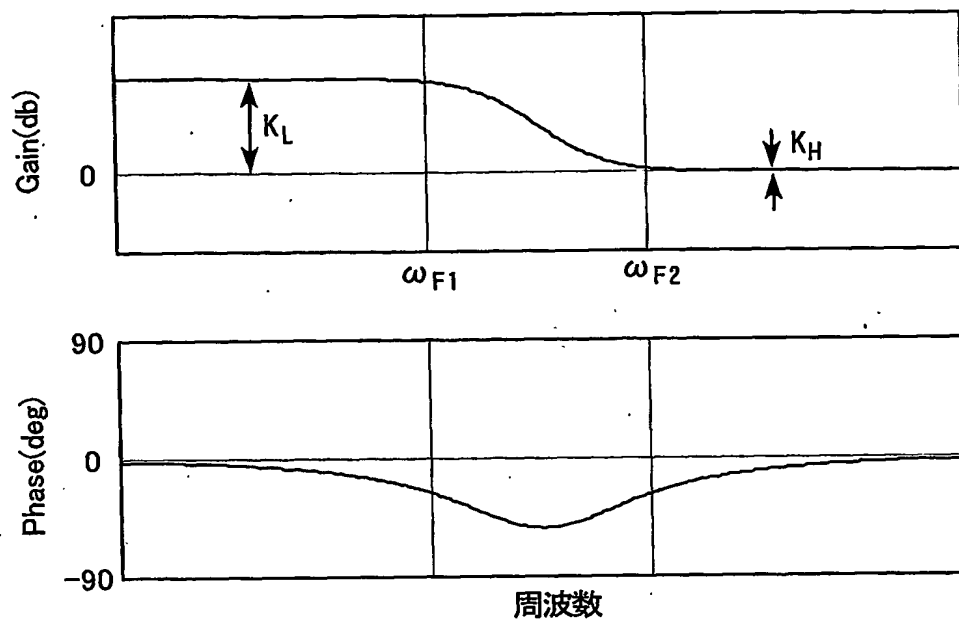
1/9

図 1



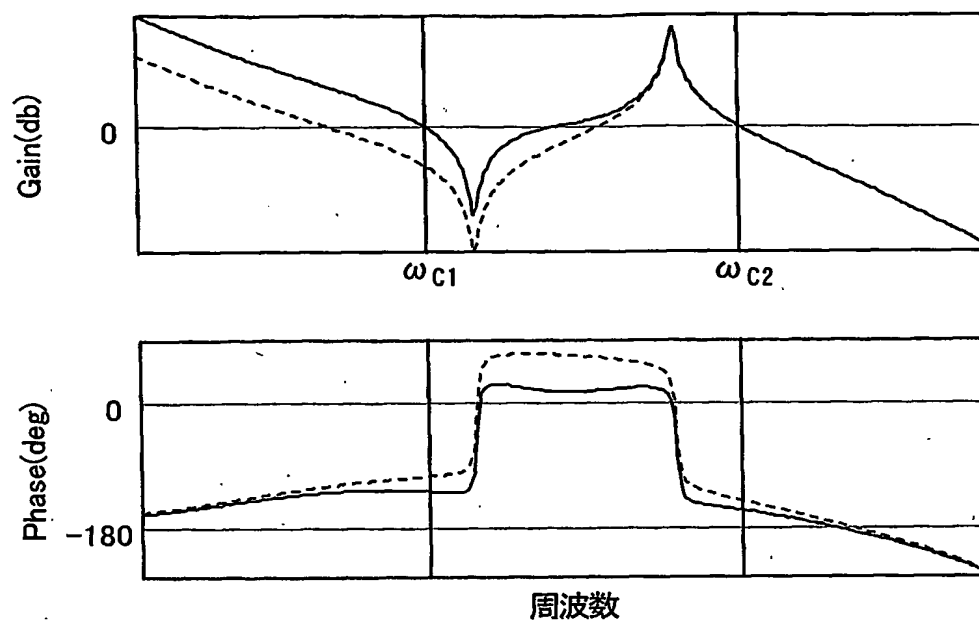
2/9

図 2



3/9

図 3



4/9

図 4

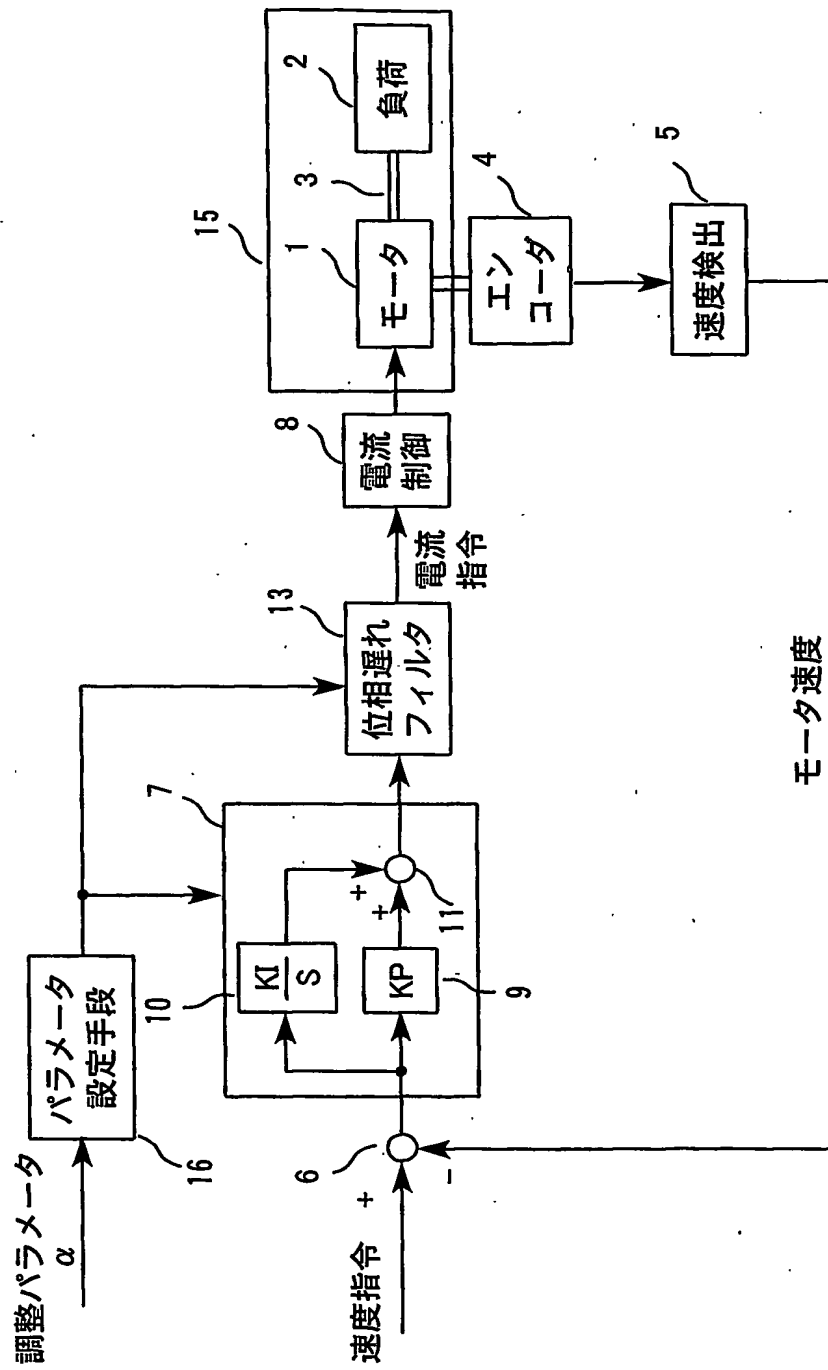
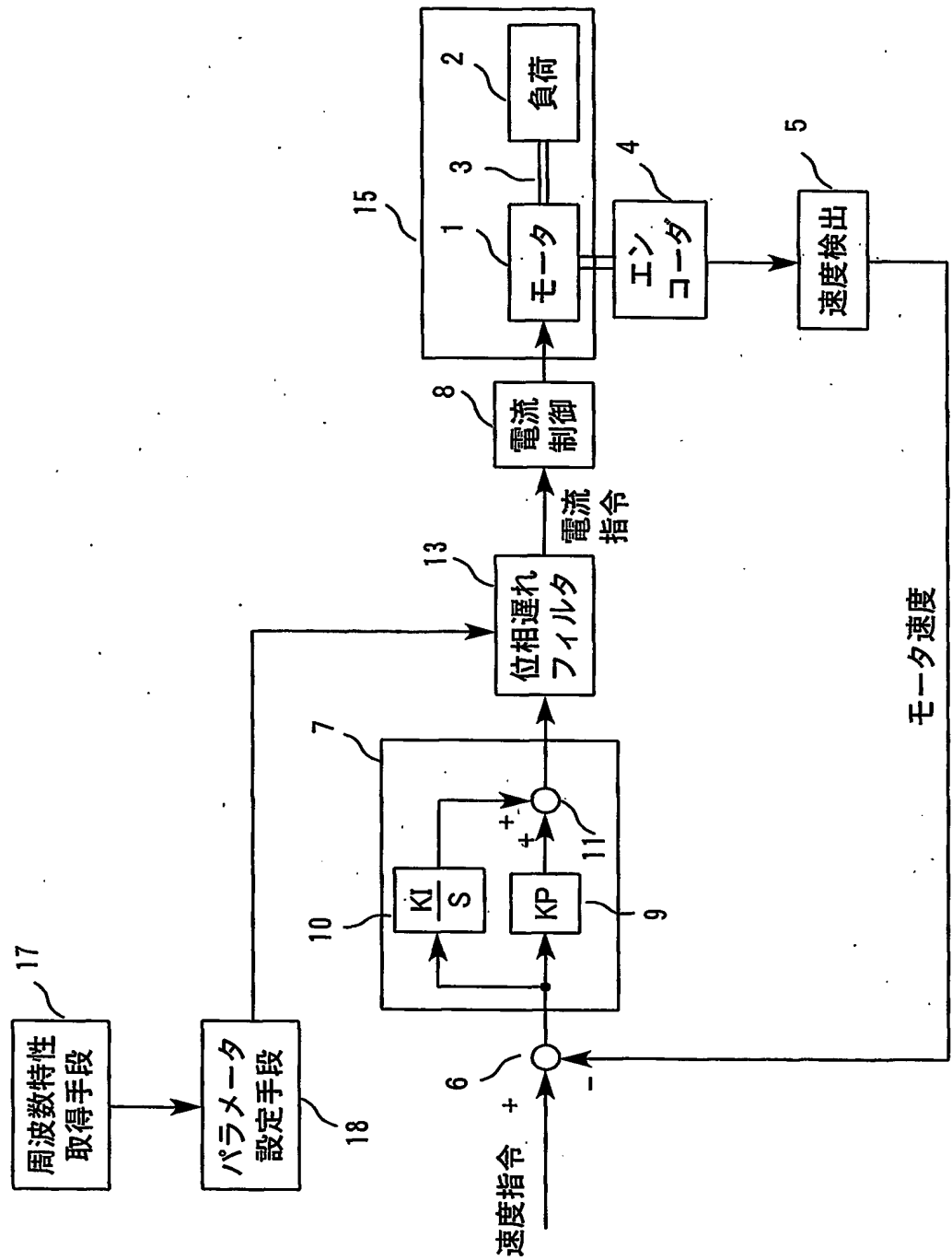


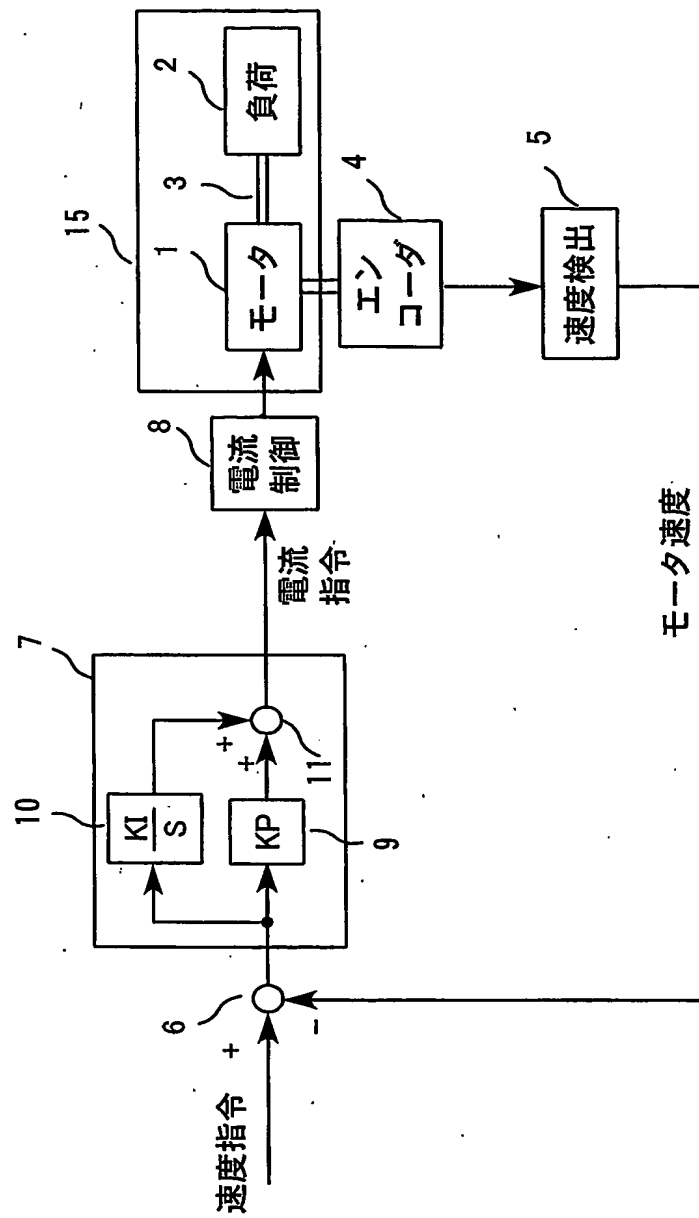


図 5



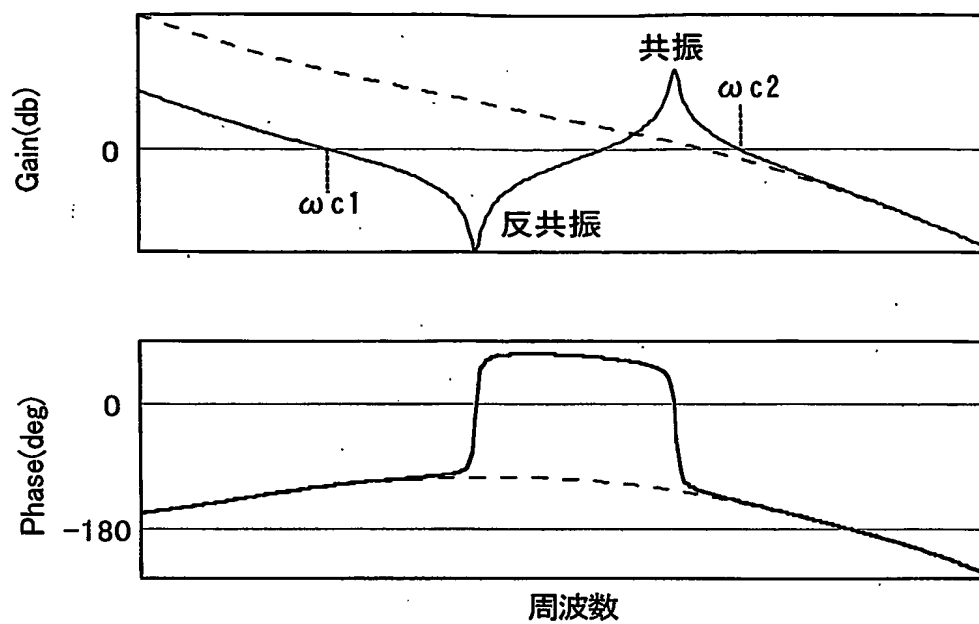
6/9

図 6



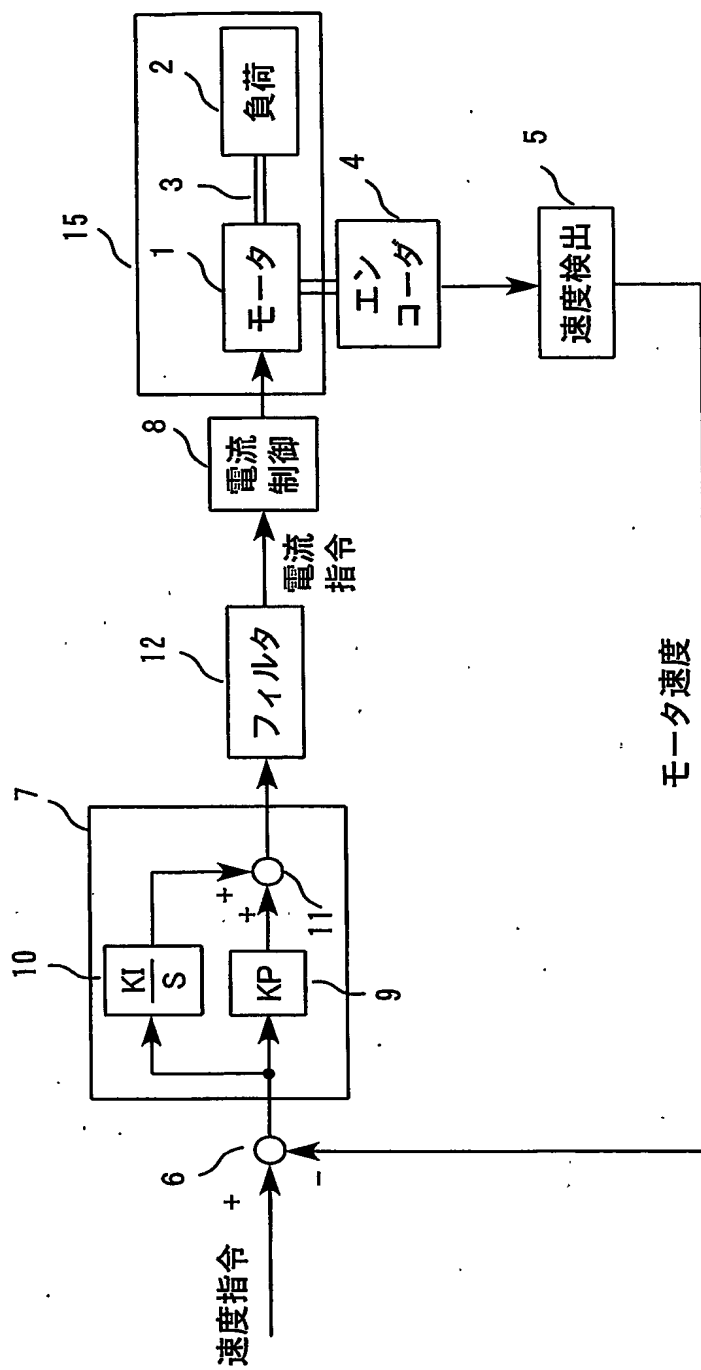
7/9

图 7



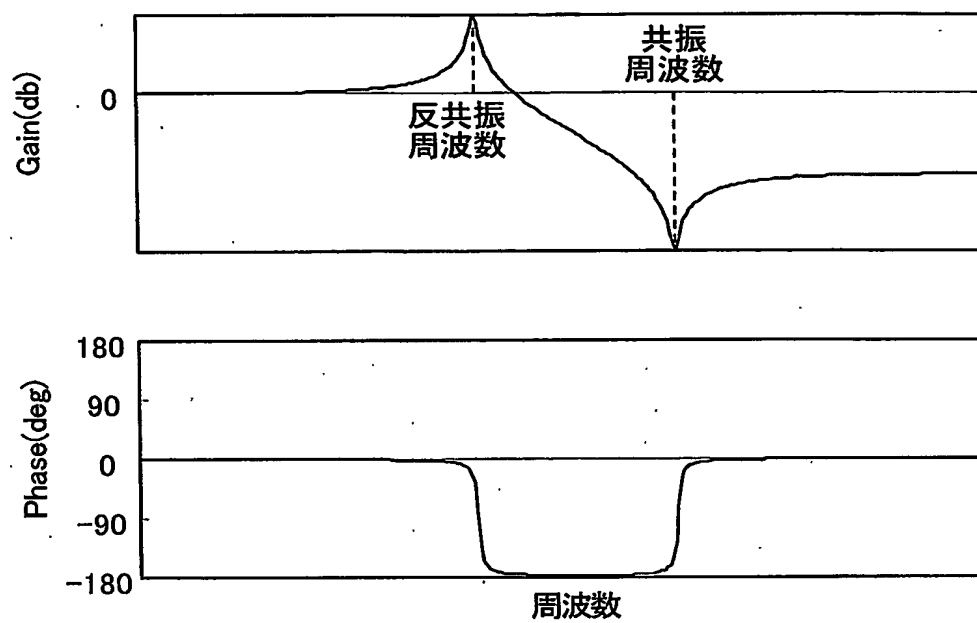
8/9

図 8



9/9

図 9



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16760

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H02P5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H02P5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-271246 A (Yaskawa Electric Corp.), 26 September, 2003 (26.09.03), (Family: none)	1-7
A	JP 2001-333588 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 30 November, 2001 (30.11.01), (Family: none)	1-7
A	JP 2000-322105 A (Toshiba Machine Co., Ltd.), 24 November, 2000 (24.11.00), (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
15 March, 2004 (15.03.04)

Date of mailing of the international search report  
30 March, 2004 (30.03.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H02P 5/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H02P 5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-271246 A (株式会社安川電機) 26.09.2003 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2001-333588 A (松下電器産業株式会社) 30.11.2001 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2000-322105 A (東芝機械株式会社) 24.11.2000 (ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.03.2004

国際調査報告の発送日

30.3.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

川端 修

3V

8718

電話番号 03-3581-1101 内線 3356